



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①② **Offenlegungsschrift**  
①⑩ **DE 195 42 904 A 1**

⑥① Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**F 04 B 49/00**  
F 04 B 49/08  
H 02 P 7/38

②① Aktenzeichen: 195 42 904.4  
②② Anmeldetag: 17. 11. 95  
④③ Offenlegungstag: 13. 6. 96

DE 195 42 904 A 1

③⑩ Innere Priorität: ③② ③③ ③①  
08.12.94 DE 94 19 651.8

⑦① Anmelder:  
Hatlapa Uetersener Maschinenfabrik GmbH & Co,  
25436 Uetersen, DE

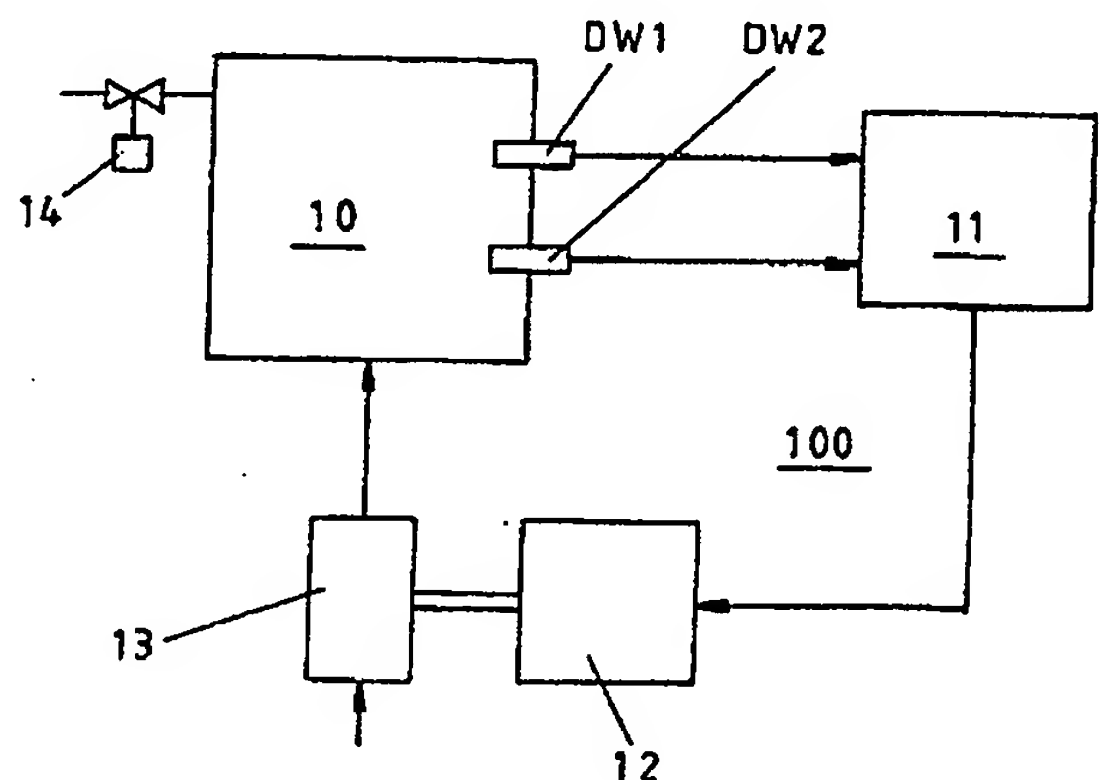
⑦④ Vertreter:  
Richter & Kollegen, 20354 Hamburg

⑦② Erfinder:  
Nürnberg, Alexander, Dr., 25361 Krempe, DE;  
Weiland, Uwe, 25436 Uetersen, DE

Best Available Copy

⑥④ Kompressoranlage

⑤⑦ Um eine Kompressoranlage (100), umfassend einen Kompressor (13), welcher mit seinem Ausgang an ein Luftreservoir (10) angeschlossen ist und von einem Antrieb (12) angetrieben wird, welcher in einer ersten Betriebsart mit einer Nenndrehzahl (N<sub>nenn</sub>) betreibbar ist, sowie einen ersten Druckwächter (DW1), welcher den Druck in dem Luftreservoir (10) überwacht und über eine Steuerung (11) den Antrieb (12) einschaltet, wenn der Druck im Luftreservoir (10) unter einem ersten Minimaldruck (p<sub>min1</sub>) liegt, und den Antrieb (12) wieder ausschaltet, wenn ein Maximaldruck (p<sub>max</sub>) im Luftreservoir (10) überschritten ist, zu schaffen, bei welcher der Verschleiß des Kompressors ohne Nachteile für den Dauerbetrieb der Anlage merklich verringert werden kann, wird vorgeschlagen, daß der Antrieb (12) neben der ersten Betriebsart mit Nenndrehzahl (N<sub>nenn</sub>) in einer zweiten Betriebsart mit wenigstens einer weiteren, gegenüber der Nenndrehzahl (N<sub>nenn</sub>) reduzierten Drehzahl (N<sub>red</sub>) betreibbar ist, daß der erste Druckwächter (DW1) nur dann einschaltet, wenn der erste Minimaldruck (p<sub>min1</sub>) bei abfallendem Druck unterschritten wird, und daß der erste Druckwächter (DW1) den Antrieb (12) in der zweiten Betriebsart mit der reduzierten Drehzahl (N<sub>red</sub>) steuert.



DE 195 42 904 A 1

Die Erfindung geht aus von einer Kompressoranlage, umfassend einen Kompressor, welcher mit seinem Ausgang an ein Luftreservoir angeschlossen ist und von einem Antrieb angetrieben wird, welcher in einer ersten Betriebsart mit einer Nenndrehzahl betreibbar ist, sowie einen ersten Druckwächter, welcher den Druck in dem Luftreservoir überwacht und über eine Steuerung den Antrieb einschaltet, wenn der Druck im Luftreservoir unter einem ersten Minimaldruck liegt, und den Antrieb wieder ausschaltet, wenn ein Maximaldruck im Luftreservoir überschritten ist.

Startluftkompressoren im Bereich des Schiffsbetriebes werden leistungsmäßig entsprechend den Vorschriften der Klassifikationsgesellschaften ausgelegt. Dabei wird sichergestellt, daß ein Luftreservoir vorgegebener Größe in einer bestimmten Zeit  $T_1 - T_0$ , ausgehend von einem Umgebungsdruck  $p_u$  bis zu einem Maximaldruck  $p_{max}$ , gefüllt werden kann (Betriebsphase I; siehe das in Fig. 3 dargestellte beispielhafte Diagramm des Druckes  $p$  über die Zeit  $T$  für eine herkömmliche Kompressoranlage).

Im Schiffsbetrieb wird der Druck des Luftreservoirs überwacht. Bei Unterschreitung eines Druckes  $p_{min1}$  startet der Kompressor automatisch und füllt das Reservoir bis zum Erreichen von  $p_{max}$  in der variablen Zeit  $T_3 - T_2$ . Die Abschaltung erfolgt wiederum automatisch (Betriebsphase II; siehe auch Fig. 3). Die Kompressoren werden dabei bisher im turnusmäßigen Auffüllbetrieb der Betriebsphase II mit derselben Nenndrehzahl wie in der Betriebsphase I betrieben. Der Verschleiß des Kompressors, der mit der zweiten oder dritten Potenz der Drehzahl steigt, ist daher in der Betriebsphase II genauso groß wie in der Betriebsphase I, obwohl in der ersten die Leistungsanforderungen geringer sind.

Es ist nun Aufgabe der Erfindung, eine Kompressoranlage zu schaffen, bei welcher der Verschleiß des Kompressors ohne Nachteile für den Dauerbetrieb der Anlage merklich verringert werden kann.

Die Aufgabe wird bei einer Kompressoranlage der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß der Antrieb neben der ersten Betriebsart mit Nenndrehzahl in einer zweiten Betriebsart mit wenigstens einer weiteren, gegenüber der Nenndrehzahl reduzierten Drehzahl betreibbar ist, so daß der erste Druckwächter nur dann einschaltet, wenn der zweite Minimaldruck bei abfallendem Druck unterschritten wird, und daß der zweite Druckwächter den Antrieb in der zweiten Betriebsart mit der reduzierten Drehzahl steuert.

Der Kern der Erfindung besteht also darin, den Kompressor durch eine entsprechende Ausbildung des Antriebes und der Steuerung für das turnusmäßige Auffüllen in der Betriebsphase II mit einer geringeren als der Nenndrehzahl laufen zu lassen. Hierdurch wird in Phasen, in denen nicht die volle Leistung des Kompressors gefordert ist, der Verschleiß merklich reduziert.

Eine erste bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Kompressoranlage zeichnet sich dadurch aus, daß der Druck im Luftreservoir durch einen zweiten Druckwächter überwacht wird, welcher einschaltet, wenn bei abfallendem Druck ein zweiter Minimaldruck unterschritten wird, welcher kleiner ist als der erste Minimaldruck, und daß der zweite Druckwächter den Antrieb von der zweiten in die erste Betriebsart mit der Nenndrehzahl umschaltet. Hierdurch ist es möglich, in den Fällen, in denen der Druck im Luftreservoir wesentlich schneller abfällt, durch die entsprechend erhöhte

te Leistung des Kompressors bei Nenndrehzahl ein schnelles Wiederauffüllen zu erreichen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform der erfindungsgemäßen Anlage umfaßt der Antrieb einen Drehstromasynchronmotor mit Frequenzregelung, dessen Drehzahl stufenlos veränderbar ist.

Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, die Drehzahl in Abhängigkeit vom Druck im Luftreservoir so zu optimieren, daß bei ausreichender Füllrate der Verschleiß minimal wird.

Ein weiteres, besonders bevorzugtes Ausführungsbeispiel zeichnet sich dadurch aus, daß der Antrieb einen Drehstromasynchronmotor mit Polumschaltung umfaßt, dessen Drehzahl stufenweise veränderbar ist. Hierdurch läßt sich die Steuerung besonders einfach und zuverlässig aufbauen, weil eine stetige Veränderung der Drehzahl und der damit verbundene Schaltungsaufwand entfallen.

Weitere Ausführungsformen ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden. Es zeigen

Fig. 1 den schematischen Aufbau einer Kompressoranlage gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung,

Fig. 2 den detaillierten Schaltplan der Steuerung für eine Anlage nach Fig. 1,

Fig. 3 den Verlauf des Druckes  $p$  über der Zeit  $T$  für eine Kompressoranlage mit einem überwachten Druckniveau und gleichbleibender Nenndrehzahl nach dem Stand der Technik, und

Fig. 4 den beispielhaften Verlauf des Druckes  $p$  über der Zeit  $T$  für eine Anlage gemäß Fig. 1 bzw. 2.

In Fig. 1 ist der schematische Aufbau einer Kompressoranlage gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der Erfindung dargestellt. Die Kompressoranlage 100 umfaßt ein Luftreservoir 10 mit zwei Druckwächtern DW1 und DW2, die bei Unterschreitung zweier unterschiedlicher Maximaldrücke  $p_{min1}$  (z. B. 27 bar) und  $p_{min2}$  (z. B. 18 bar) einschalten und bei Überschreiten zweier unterschiedlicher Maximaldrücke (z. B. 30 bar und 20 bar) abschalten. Der Maximaldruck des ersten Druckwächters DW1 ist dabei gleich dem Maximaldruck  $p_{max}$  der Anlage. Die Kompressoranlage 100 umfaßt weiterhin einen Kompressor 13, welcher Luft ansaugt und in das Luftreservoir 10 hineinkomprimiert, und einen Antrieb 12 für den Kompressor 13, welcher neben einer Nenndrehzahl  $N_{nenn}$  wenigstens eine weitere, reduzierte Drehzahl  $N_{red}$  ( $N_{red} = x \cdot N_{nenn}$  mit  $0 < x < 1$ ) zur Verfügung stellt, die entweder einen konstanten Wert annehmen kann oder (z. B. im Falle eines Drehstromasynchronmotors mit Frequenzsteuerung) mit dem Druck  $p$  variieren kann ( $N_{red} = n f(p)$ ). Die Kompressoranlage 100 umfaßt schließlich eine Steuerung 11, welche am Eingang Signale von den Druckwächtern DW1 und DW2 erhält und ausgangsseitig mit dem Antrieb 12 in Wirkverbindung steht. Dem Luftreservoir 10 kann beispielsweise über ein gesteuertes Ventil 14 nach Bedarf Druckluft (z. B. für den Start eines Schiffsdiesels) entnommen werden.

Ein besonders geeignetes und bewährtes Ausführungsbeispiel für die Steuerschaltung nach Fig. 1 ist in Fig. 2 wiedergegeben. Die Schaltung ist für einen Antrieb ausgelegt, der einen Drehstromasynchronmotor 15 mit Polumschaltung (insbesondere zwischen 4 und 6 Polen) umfaßt. Die Schaltung ist über einen Hauptschalter Q1 an einen Drehstromnetzanschluß 16 angeschlossen.

sen. Der Drehstromasynchronmotor 15 ist in der 6pol. Schaltung über ein Motorschütz K6M und einen Motorschutz F6M und in der 4pol. Schaltung über ein Motorschütz K4M und einen Motorschutz F4M an das Netz anschließbar.

Aus dem Netz wird weiterhin mittels eines Steuerungsspannungs-Transformators TR11 eine Steuerspannung für die Wicklungen der Motorschütze K6M und K4M gewonnen. Die Steuerspannung kann mittels eines Steuerungswahlschalters S1, der die Stellungen "Handbetrieb" (H), "Aus" (0) und "Automatik" (A) aufweist, auf verschiedene Weise eingespeist werden.

In der Stellung "Handbetrieb" gelangt die Steuerungsspannung über einen Ruhekontakt des Motorschützes K4M auf die Wicklung des Motorschützes K6M sowie über einen zweiten Druckwächter DW2 auf die Wicklung des Motorschützes K4M. In der Stellung "Automatik" gelangt die Steuerspannung über die Serienschaltung der beiden Druckwächter DW1 und DW2 auf die Wicklung des Motorschützes K4M. Parallel zum zweiten Druckwächter ist der Arbeitskontakt eines Hilfsrelais K11 geschaltet, dessen Wicklung seinerseits parallel zur Wicklung des Motorschützes K4M liegt.

Wird der Steuerungswahlschalter S1 in die Stellung "Handbetrieb" umgelegt, ist der erste Druckwächter DW1 außer Betrieb gesetzt. Entsprechend wird der erste Minimaldruck  $p_{min1}$  nicht überwacht. Liegt der Druck im Luftreservoir 10 unterhalb  $p_{min2}$ , ist der zweite Druckwächter DW2 geschlossen. Das Motorschütz K4M zieht an, worauf gleichzeitig durch Öffnen des Ruhekontaktes von K4M die Zufuhr der Steuerungsspannung zum Motorschütz K6M unterbrochen und der Drehstromasynchronmotor 15 durch Schließen des Arbeitskontaktes von K4M in seiner 4pol. Konfiguration, d. h. mit Nenndrehzahl  $N_{nenn}$ , gestartet wird. Darüber hinaus wird beim Anziehen des Motorschützes K4M auch die Wicklung des Hilfsrelais K11 an die Steuerungsspannung gelegt, so daß dieses Relais ebenfalls anzieht und seinen Arbeitskontakt (K11) schließt. Beide Relais bilden eine selbsthaltende Schaltung, die erst wieder unterbrochen wird, wenn der Steuerungswahlschalter S1 von der Stellung "Handbetrieb" (H) in die Stellung "Aus" (0) umgelegt wird.

Liegt der Druck im Luftreservoir 10 oberhalb  $p_{min2}$ , ist der zweite Druckwächter DW2 geöffnet. Die Steuerungsspannung gelangt über den (geschlossenen) Ruhekontakt des Motorschützes K4M auf die Wicklung des Motorschützes K6M; und das Schütz zieht an und startet den Drehstromasynchronmotor 15 in seiner 6pol. Konfiguration, d. h. mit reduzierter Drehzahl  $N_{red}$ . Auch hier wird der Antrieb erst wieder abgeschaltet, wenn der Steuerungswahlschalter S1 in die Stellung "Aus" umgelegt wird.

Wird der Steuerungswahlschalter S1 in die Stellung "Automatik" (A) umgelegt, so wird die Steuerspannung über die Serienschaltung von DW1 und DW2 auf die Wicklung des Motorschützes K4M und über DW1 und den Ruhekontakt von K4M auf die Wicklung des Motorschützes K6M gegeben. Sinkt der Druck im Luftreservoir 10 unter den ersten Minimaldruck  $p_{min1}$ , schaltet der erste Druckwächter DW1 ein. Da der zweite Druckwächter DW2 geöffnet ist, zieht über den geschlossenen Ruhekontakt von K4M nur das Motorschütz K6M an und der Motor 15 läuft mit reduzierter Drehzahl  $N_{red}$  an. Ist die Luftentnahme aus dem Luftreservoir 10 so gering, daß der Kompressor 13 bei reduzierter Drehzahl den Druck wieder auf  $p_{max}$  bringt, öffnet der erste Druckwächter DW1, und der Auffüll-

vorgang wird beendet.

Ist die Luftentnahme aus dem Luftreservoir 10 dagegen so stark, daß trotz des mit reduzierter Drehzahl anlaufenden Kompressors 13 der Druck weiter absinkt und den zweiten Minimaldruck  $p_{min2}$  unterschreitet, schließt auch der zweite Druckwächter DW2. Das Motorschütz K4M zieht an und läßt durch Öffnen seines Ruhekontaktes (K4M) das Motorschütz K6M abfallen. Zugleich zieht auch das Hilfsrelais K11 an und bildet mit dem Motorschütz K4M zusammen eine selbsthaltende Schaltung.

Der Motor 15 läuft dann mit voller Nenndrehzahl  $N_{nenn}$  an und füllt das Luftreservoir so lange auf, bis der Maximaldruck  $p_{max}$  überschritten wird und der erste Druckwächter DW1 öffnet. Die zwischenzeitliche Öffnung des zweiten Druckwächters DW2 beim Überschreiten seines (niedrigeren) Maximaldruckes hat auf den Ablauf keinen Einfluß, weil der zweite Druckwächter DW2 selbsthaltend durch das Hilfsrelais K11 überbrückt wird.

Mit der Anlage nach Fig. 1 und der Schaltung nach Fig. 2 ergibt sich das in Fig. 3 wiedergegebene Füll- bzw. Entnahmediagramm des Druckes  $p$  im Luftreservoir 10 über die Zeit  $T$ . Zu Beginn des Betriebes bei  $T_0$  wird der Kompressor 13 mit Nenndrehzahl betrieben und füllt, ausgehend von einem Umgebungsdruck  $p_u$ , mit Nennleistung das Luftreservoir 10, bis zum Zeitpunkt  $T_1$  der Maximaldruck  $p_{max}$  erreicht ist. Bei Erreichen dieses Druckes öffnet der erste Druckwächter DW1, und die Steuerung 11 schaltet den Antrieb 12 ab (Betriebspause I). Sinkt nun in der Zeit nach  $T_1$  der Druck im Luftreservoir 10 durch Luftentnahme langsam ab, schließt der erste Druckwächter DW1, wenn bei  $T_2$  der erste Minimaldruck  $p_{min1}$  unterschritten wird. Die Steuerung 11 schaltet nun den Antrieb 12 mit reduzierter Drehzahl  $N_{red}$  ein, so daß das Luftreservoir 10 von  $T_2$  bis  $T_3$  wieder aufgefüllt wird. Wenn im Zeitpunkt  $T_3$  der Maximaldruck  $p_{max}$  erreicht ist, schaltet der Antrieb erneut ab.

Das turnusmäßige Wiederauffüllen erfolgt in der oben beschriebenen Art bei reduzierter Drehzahl  $N_{red}$  so lange, bis — wie in Fig. 3 zwischen den Zeitpunkten  $T_3$  und  $T_4$  dargestellt — der Druck im Luftreservoir 10 durch starke Luftentnahme erheblich schneller abfällt und der vom zweiten Druckwächter DW2 überwachte zweite Minimaldruck  $p_{min2}$  (bei  $T_4$ ) unterschritten wird. Das Unterschreiten des zweiten Minimaldruckes  $p_{min2}$  signalisiert, daß die Wiederauffüllung mit reduzierter Drehzahl  $N_{red}$  nicht ausreicht. Daher schaltet der zweite Druckwächter DW2 den Antrieb 12 mit Nenndrehzahl  $N_{nenn}$  ein, so daß die Auffüllung des Luftreservoirs 10 — wie in der Startphase  $T_0$  bis  $T_1$  — mit der ganzen zur Verfügung stehenden Kompressorleistung durchgeführt wird, bis bei  $T_5$  wieder der Maximaldruck  $p_{max}$  erreicht ist.

Mit diesem Anlagenbau und Betriebskonzept wird erreicht, daß im Normalfall der geringen Luftentnahme der Kompressor ökonomisch und verschleißmindernd betrieben wird, während im Sonderfall der stärkeren Luftentnahme die volle Kompressorleistung zur Verfügung steht.

Bezugszeichenliste

- 10 Luftreservoir
- 11 Steuerung
- 12 Antrieb
- 13 Kompressor



14 Ventil  
 15 Drehstromasynchronmotor  
 16 Drehstromnetzanschluß  
 100 Kompressoranlage  
 DW1, 2 Druckwächter  
 F4M 4pol. Motorschutz  
 F6M 6pol. Motorschutz  
 K11 Hilfsrelais  
 K4M 4pol. Motorschutz  
 K6M 6pol. Motorschutz  
 Nnenn Nenndrehzahl  
 Nred reduzierte Drehzahl  
 pmax Maximaldruck  
 pmin1, 2 Minimaldruck  
 Q1 Hauptschalter  
 S1 Steuerungswahlschalter  
 T0—5 Zeitpunkt  
 TR11 Steuerspannungs-Transformator

## Patentansprüche

1. Kompressoranlage (100), umfassend einen Kompressor (13), welcher mit seinem Ausgang an ein Luftreservoir (10) angeschlossen ist und von einem Antrieb (12) angetrieben wird, welcher in einer ersten Betriebsart mit einer Nenndrehzahl (Nnenn) betreibbar ist, sowie einen ersten Druckwächter (DW1), welcher den Druck in dem Luftreservoir (10) überwacht und über eine Steuerung (11) den Antrieb (12) einschaltet, wenn der Druck im Luftreservoir (10) unter einem ersten Minimaldruck (pmin1) liegt, und den Antrieb (12) wieder ausschaltet, wenn ein Maximaldruck (pmax) im Luftreservoir (10) überschritten ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb (12) neben der ersten Betriebsart mit Nenndrehzahl (Nnenn) in einer zweiten Betriebsart mit wenigstens einer weiteren, gegenüber der Nenndrehzahl (Nnenn) reduzierten Drehzahl (Nred) betreibbar ist, daß der erste Druckwächter (DW1) nur dann einschaltet, wenn der erste Minimaldruck (pmin1) bei abfallendem Druck unterschritten wird, und daß der erste Druckwächter (DW1) den Antrieb (12) in der zweiten Betriebsart mit der reduzierten Drehzahl (Nred) steuert.
2. Kompressoranlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Druck im Luftreservoir (10) durch einen zweiten Druckwächter (DW2) überwacht wird, welcher einschaltet, wenn bei abfallendem Druck ein zweiter Minimaldruck (pmin2) unterschritten wird, welcher kleiner ist als der erste Minimaldruck (pmin1), und daß der zweite Druckwächter (DW2) den Antrieb (12) von der zweiten in die erste Betriebsart mit der Nenndrehzahl (Nnenn) umschaltet.
3. Kompressoranlage nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb einen Drehstromasynchronmotor mit Frequenzregelung umfaßt, dessen Drehzahl stufenlos veränderbar ist.
4. Kompressoranlage nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Antrieb einen Drehstromasynchronmotor (15) mit Polumschaltung umfaßt, dessen Drehzahl stufenweise veränderbar ist.
5. Kompressoranlage nach Anspruch 2 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehstromasynchronmotor (15) über ein erstes Motorschutz (K6M) mit einer ersten Polzahl und über ein zwei-

tes Motorschutz (K4M) mit einer zweiten Polzahl, welche kleiner ist als die erste Polzahl, an ein Drehstromnetz anschließbar ist, daß der erste und zweite Druckwächter (DW1, DW2) in Serie geschaltet das zweite Motorschutz (K4M) ansteuern, daß das erste Motorschutz (K6M) über einen Ruhekontakt des zweiten Motorschützes (K4M) an den Verbindungspunkt zwischen erstem und zweitem Druckwächter (DW1 bzw. DW2) angeschlossen ist und daß der zweite Druckwächter (DW2) über den Arbeitskontakt eines Hilfsrelais (K11) überbrückbar ist, welches Hilfsrelais (K11) parallel zum zweiten Motorschutz (K4M) liegt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

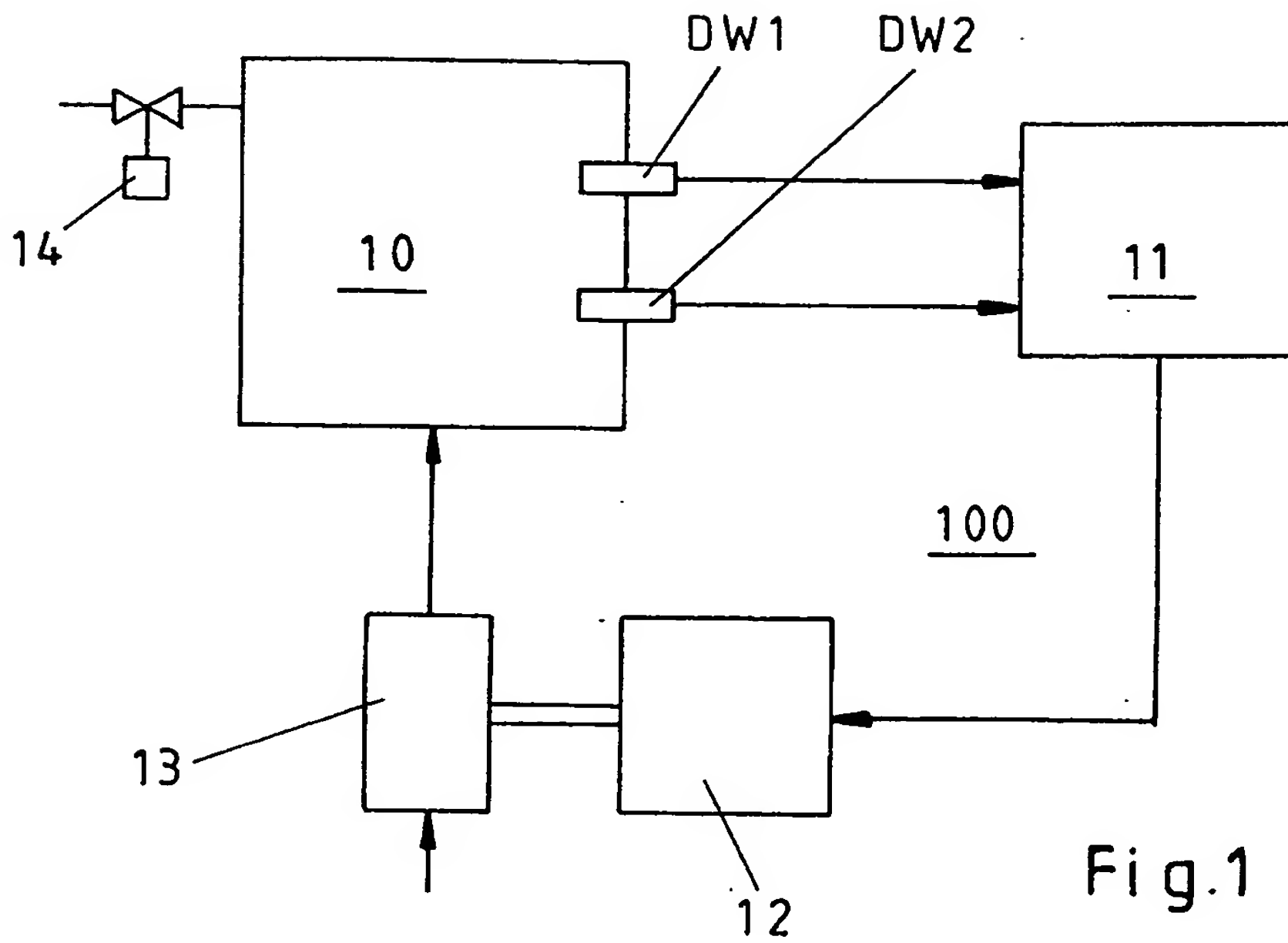
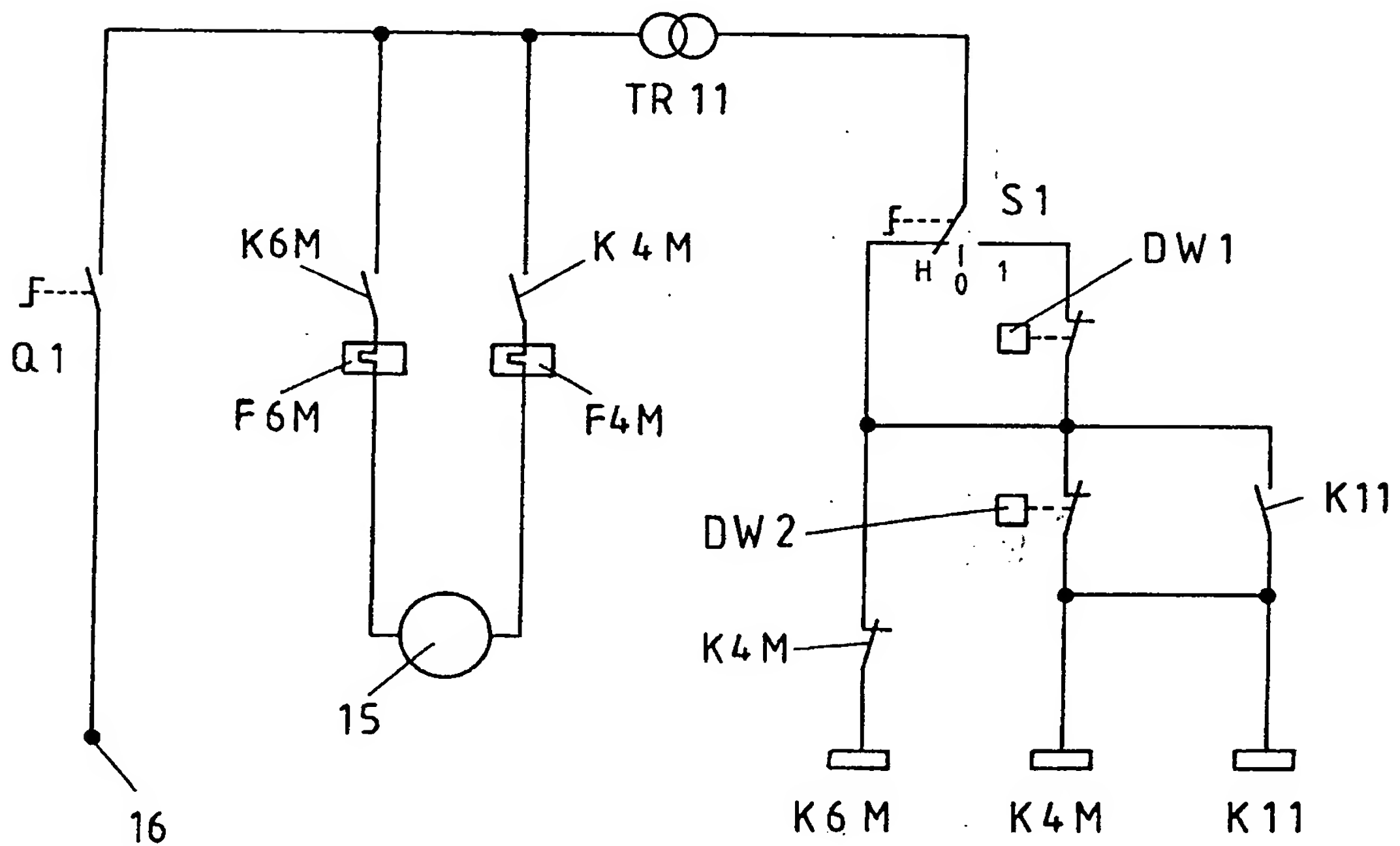
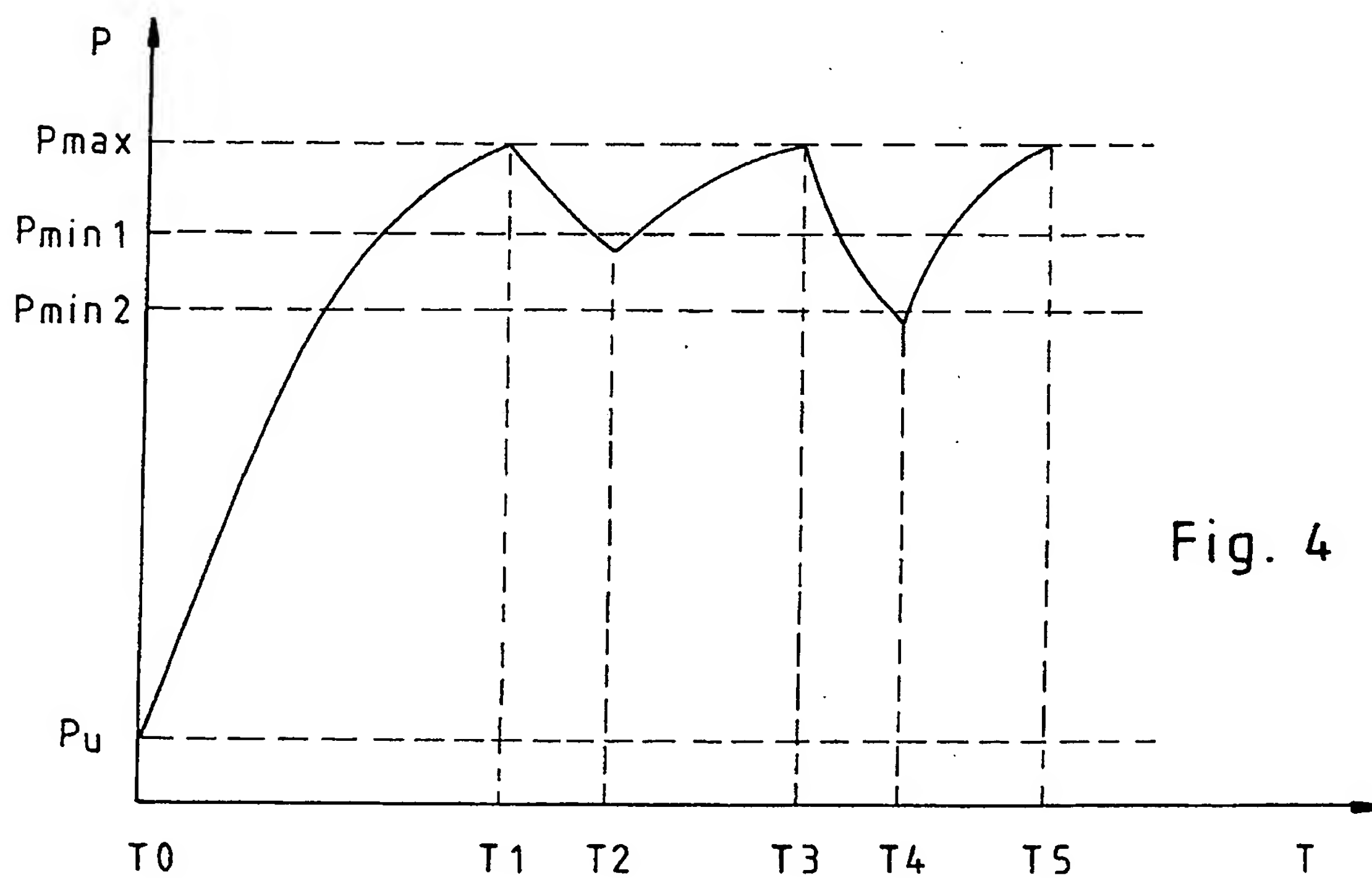
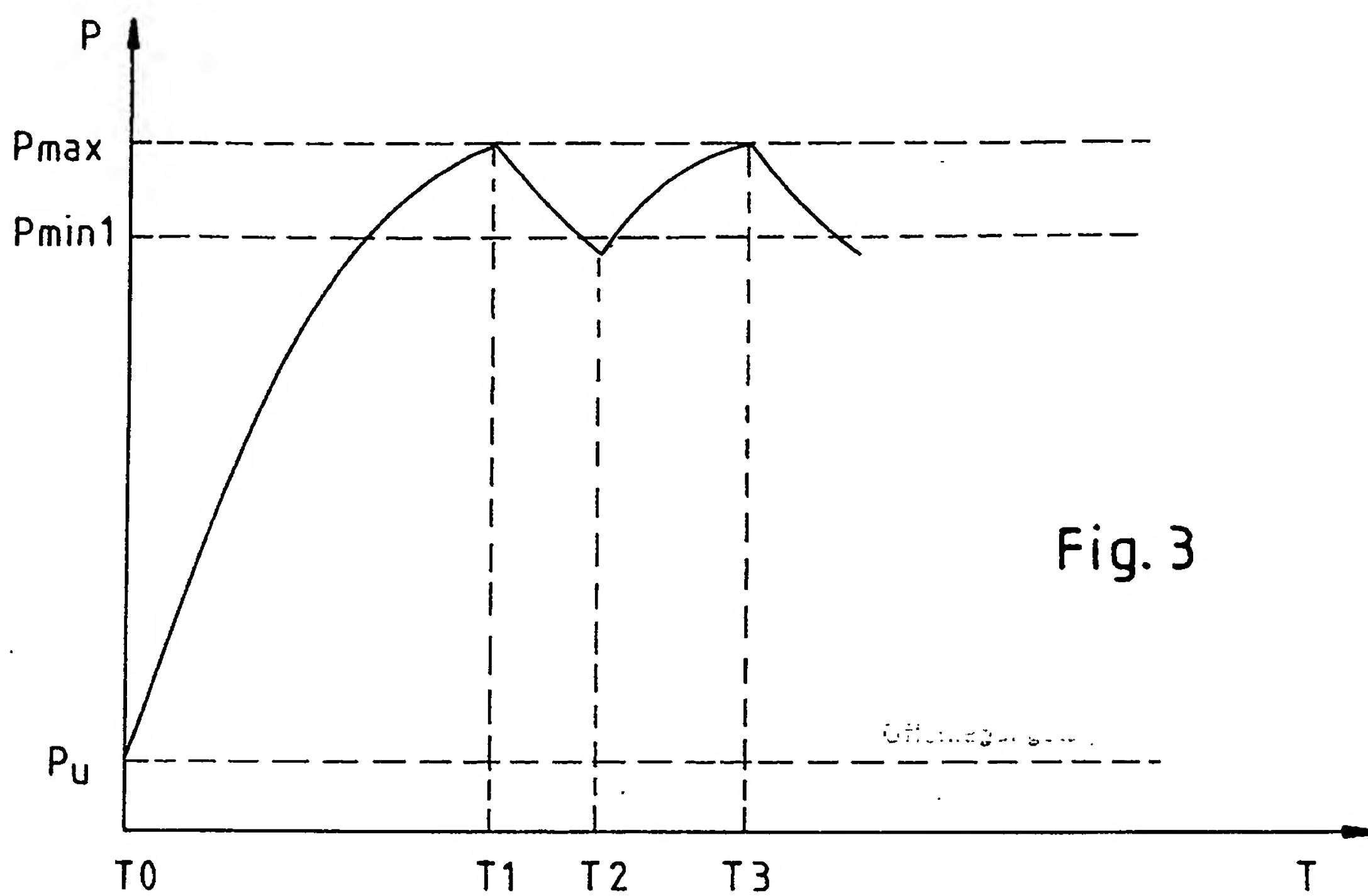


Fig. 2





**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**